

Aus der Kinderklinik und -Poliklinik der Freien Universität
Berlin

(Kaiserin Auguste Victoria Haus)

Direktor: Professor Dr. med. Adalbert Loeschke

Energiequotient und Gewichtswachstum

bei

Frühgeborenen

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

1964

vorgelegt

von

Ludwig Thierfelder
aus Plauen/Vogtland

1964



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550821_0080

Aus der Kinderklinik und -Poliklinik der Freien Universität
Berlin
(Kaiserin Auguste Victoria Haus)

Direktor: Professor Dr. med. Adalbert Loeschke

Energiequotient und Gewichtswachstum

bei

Frühgeborenen

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt

von

Ludwig Thierfelder

aus Plauen/Vogtland

1964

Dekan: Professor Dr. med. Hugo Gasteiger
Referent: Professor Dr. med. Egon Werner
Korreferent: Professor Dr. med. et phil. Karl Freudenberg



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 21.7.1964

Inhaltsübersicht

	Seite
A. Einleitung und Fragestellung	1
B. Energiequotient bei Frühgeborenen	2
C. Eigene Untersuchungen	
1. Ernährungsschema der Frühgeborenen	5
2. Art der Auswertung	6
3. Ergebnisse	
a) Energiequotient	7
b) Gewichtswachstum	11
D. Diskussion	
1. Diskussion der Ergebnisse für den Energiequotienten	18
2. Diskussion der Ergebnisse für das Gewichtswachstum	25
E. Zusammenfassung	30
F. Literatur	32

A. Einleitung

In Deutschland werden in jedem Jahr etwa 5 bis 10 % aller Kinder zu früh geboren (PEIPER, BROCK, HOTTINGER). Trotz größter Bemühungen sterben aber noch immer zwischen 15 bis 40 % der Frühgeborenen (HOTTINGER, DE LEON u. Mitarb., TAYLOR u. Mitarb., v. BERLIN-HEIMENDAHL, WIEDEMANN). Als Todesursache findet man am häufigsten pulmonale Erkrankungen (TAYLOR u. Mitarb., PEIPER, DE LEON u. Mitarb.). In den Morbiditätsstatistiken Frühgeborener stehen an erster Stelle Dyspepsien, gefolgt von Aspiration (HOTTINGER, v. BERLIN-HEIMENDAHL). Sehr oft steht eine Erkrankung Frühgeborener oder auch die Todesursache in einem direkten Zusammenhang mit der Art der Nahrung oder der Nahrungszufuhr. Die Ernährung Frühgeborener ist deshalb von besonderer Bedeutung, um eine Aufzucht ohne Störungen bei gutem Gedeihen zu erzielen.

Unter dem Begriff "Frühgeborene" werden alle jene Kinder zusammengefaßt, die mit einem Geburtsgewicht von 2 500 g und darunter zur Welt kommen.

Diese Kinder sind im Kaiserin Auguste Victoria Haus in Berlin in einer abgeschlossenen Station untergebracht. Die Station ist unterteilt durch Glaswände. Alle Räume werden mit UV-Licht ausgestrahlt. Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 1 500 g werden in Inkubatoren gelagert.

Von den Kindern, die auf dieser Station aufgezogen worden sind, haben wir 479 aus den Jahren 1951 bis 1961 ausgewählt. Aus den Krankenblättern haben wir die verabreichte Nahrung, deren Menge und die Gewichtszunahme abgelesen. Auf dieser Grundlage soll untersucht werden, ob für die Quantität der Frühgeborenen-Nahrung eine Norm gefunden werden kann. Wir berechnen die Nahrungsquantität in Kalorien pro kg Körpergewicht. Wir werden untersuchen, ob der dafür geprägte Begriff des Energiequotienten praktisch zu verwerten und sinnvoll ist. Das Gewichtswachstum der Kinder soll festgestellt und in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht und der Art der Nahrung verglichen werden.

Unter den ausgewählten Kindern sind alle innerhalb der ersten drei Lebenstage in unsere Klinik aufgenommen worden. Alle Kinder sind zu früh geboren und wiesen die sogenannten Zeichen der Reife nicht auf. Kinder mit Mißbildungen, Dyspepsien, Pneumonien und sonstigen Infekten scheiden für unsere Untersuchungen aus. Krankengeschichten von Kindern mit Blutgruppeninkompatibilität und Hyperbilirubinämie, die eine Blutaustauschtransfusion bekamen, sind nicht ausgewertet worden.

B. Energiequotient bei Frühgeborenen

Den Begriff des Energiequotienten (EQ = die pro Kilo Körpergewicht verabreichten Kalorien) prägten HEUBNER u. HEUBNER im Jahre 1910. Sie führten damit die kalorische Betrachtungsweise in die Säuglingsernährung ein. Seither sind von vielen Autoren für verschiedene Nahrungen die EQ beschrieben worden, bei welchen die jeweiligen Autoren die besten Ergebnisse finden konnten.

Im folgenden sind sie tabellarisch zusammengefaßt. Für Frauenmilchernährung werden folgende EQ angegeben:

EQ	Autor	
80 - 100	TANZ und UNGER	(1938)
100 und darunter	MEYER und NASSAU	(1930)
100 - 110	BIRK	(1910)
110	SCHADOW	(1932)
110 - 120	CZERNY und KELLER	(1925)
90 - 120	FINKELSTEIN	(1938)
125	KORTHAUS	(1937)
130	MEIER	(1940)
	(berechnet 100g Frauenmilch mit 65 Kal)	
135	NOTHMANN	(1913)
130	MOLL	(1919)
	(untere Grenze 120)	
100 - 150	YLPPOE	(1931)
	(nach 1. Monat)	
115 - 150	SAMELSON	(1911)
130 - 150	SALGE	(1909)

EQ	Autor	
140	OBERWARTH	(1911)
150 und mehr	v. PFAUNDLER (ab 3. Woche)	(1942)
120 - 150	SCHOEDEL	(1923)
150	BENDIX	(1907)
140 - 160	SCHLOSSMANN und ECKSTEIN	(1930)
130 - 280	HUBER	(1921)

Für Frauenmilchernährung angereichert mit Aminosäuregemischen, Eiweißpräparaten oder Buttermilch finden wir folgende EQ-Angaben:

Aminosäurezusatz:

75	KOTKAS (optimaler Kalorienbedarf unter Aminosäurezusätzen)	(1956)
100 - 120	TOBLER (als Minimum 70 Kalorien)	(1953)

Plasmonzusatz:

75	LANGER (im 1. Monat)	(1926)
100 - 110	(in den folgenden)	
90 - 100	STRANSKY	(1925)
105	FREUND (ab 2. Woche)	(1932)
120	HOTTINGER	(1928)

Buttermilchzusatz:

70 - 90	FRANKE und SINGER	(1928)
90 - 100	FINKELSTEIN	(1938)
95 - 125	MORF	(1947)
118	KORTHAUS	(1937)
110 - 120	MOLL	(1919)

Nicht bezeichnete Trockeneiweißmilchpräparate:

EQ	Autor	
105 - 122	HASSLER	(1949)
100 - 125	MORF	(1947)

Für künstliche Ernährung ohne Frauenmilch finden sich die Angaben bei:

110	NASSO, VERGA und POTOTSCHNIG (1955) (fettarme, angesäuerte Eiweißmilch)	
120	GORDON, LEVINE, MC NAMARA (1947), DAVIDSON (1960), BÜSCHER u. GLEISS (1953)	
100 - 120	SCHWARTZER (1940) (Säurevollmilch)	
110 - 130	SCHAPER (1954) (Alete-Frühnahrung)	
150	STEVENSON (1953)	

Es bewegt sich also der Energiequotient für Frauenmilch zwischen 80 und 280, für Frauenmilch mit Eiweißzusätzen zwischen 70 und 125 und für künstliche Ernährung zwischen 100 und 150 nach den Angaben der Autoren. Alle beschreiben sie gute Ergebnisse. Aufschlußreich ist dagegen die Angabe von SNYDERMAN und HOLT jr. . Bei verschieden kalorischer Nahrung (I 120 - 130 Kal/kg und II 155 - 180) erfolgt keine Beeinflussung des Skelettwachstums, wohl aber des Körpergewichtes. Das mittlere tägliche Wachstum der Fibulae betrug in beiden Gruppen (röntgenologisch bestimmt) 0,2 mm. Die Gewichtszunahme betrug 26,7 g pro Tag bei Kindern der Gruppe I gegen 43,9 g pro Tag bei Kindern der Gruppe II, die mit 155 - 180 Kal/kg täglich ernährt wurden.

C. Eigene Untersuchungen

1. Ernährungsschema der Frühgeborenen

Die Frühgeborenen werden im Kaiserin Auguste Victoria Haus während der ersten 10 Lebenstage nach einem gewissen Schema ernährt. Kinder mit einem Geburtsgewicht bis 1800 g bekommen bis 48 Stunden nach der Geburt keine Nahrung. Kinder, die mehr als 1800 g bei der Geburt wiegen, erhalten nach 24 oder 36 Stunden die erste Mahlzeit. Nach der Hungerpause werden zunächst sehr geringe Mengen gefüttert. 10 bis 20 g Nahrung werden auf 10 Mahlzeiten verteilt. In den folgenden Tagen wird die Nahrungsmenge um 10 bis 20 g je Tag gesteigert. Nachdem die Kinder eine Nahrungsmenge um 100 g täglich erhalten, wird jede erneute Nahrungszulage von der Gewichtskurve abhängig gemacht. Solange diese ansteigt, wird keine Nahrung zugesetzt. Erst wenn ein Kind nicht mehr gut gedeiht, steigern wir die Nahrungsmenge um 20 bis 30 g/die. Die Nahrungszufuhr wird also einzig vom Gedeihen des Kindes abhängig gemacht.

Die Frühgeborenen wurden in dem entsprechenden Zeitraum mit verschiedenen Milchen ernährt. Es erscheint zweckmäßig, die Kinder nach der Ernährung in 3 Gruppen zu unterteilen. Auf die Gruppen verteilen sich die Kinder in:

- I. 308 mit Buttermilchzusatz zur Frauenmilch
- II. 111 mit roher Frauenmilch
- III. 60 mit WM-Säuglingsnahrung

ernährte Kinder. Die Art der Nahrung war abhängig von der jeweils zur Verfügung stehenden Milch. Eine Auswahl der Kinder für eine bestimmte Milchart erfolgte nicht.

Zu I. Das Nahrungsgemisch Frauenmilch mit Buttermilch enthält 70 Kalorien pro 100 ccm trinkfertige Nahrung. Als Buttermilch wird ausschließlich Eledon (Nestle) 10%ig mit einem Zusatz von 5 % Nährzucker und 2 % Mondamin verwendet. Der Eledonzusatz beträgt ca. 30 - 40 % der Gesamtnahrung.

Zu II. Frauenmilch wird mit 70 Kalorien pro 100 ccm berechnet.

Zu III. WM-Säuglingsnahrung ist eine gebrauchsfertige Pulvermilch. Von der Herstellerfirma werden 68 Kalorien für 100 ccm trinkfertige Nahrung angegeben. Diese Zahl legen wir unseren Berechnungen zugrunde:

Analyse der WM je Liter trinkfertiger WM-Säuglingsnahrung:

Eiweiß	1,5 %	Vitamin A	5350 I. E.
Fett	3,5 %	B ₁	0,7 mg
Milchzucker	7,0 %	B ₂	1,0 mg
Aschengehalt	0,38 %	PP	5,3 mg
Eisen	5 mg	B ₆	0,4 mg
		C	52,0 mg
		D	420 I. E.

2. Art der Auswertung

Aus den Krankengeschichten wurden die zugeführte Nahrungsmenge und das Körpergewicht an den Tagen abgelesen, an welchen die Kinder um 100 g an Körpergewicht zugenommen hatten. Außerdem wurde das Geburtsgewicht der Kinder festgehalten, sowie die Tage, an welchen infolge des initialen Gewichtsverlustes das niedrigste Gewicht beobachtet wurde und schließlich der Lebenstag, an dem das Geburtsgewicht wieder erreicht war. - Die Nahrungsmenge wurde in Kalorien berechnet. Die Einteilung der Frühgeborenen erfolgte nach dem Geburtsgewicht in 4 Gruppen, und zwar:

- I unter 1000 g
- II 1000 - 1499 g
- III 1500 - 1999 g
- IV 2000 - 2499 g

Für jede so bestimmte Gruppe der Kinder errechneten wir aus Einzelwerten die arithmetischen Mittelwerte der zugeführten Kalorien und der Zunahme des Körpergewichtes. Durch Verbinden der Mittelwerte untereinander erhielten wir Kurven. Die Division der arithmetischen Mittelwerte für zugeführte Nahrung in Kalorien durch Körpergewicht brachte uns als resultierende Größe den EQ. Die Darstellung

des EQ erfolgte graphisch. Es wurde für jede Nahrung die Kurve jeder einzelnen Gewichtsgruppe angegeben. Jeder Punkt einer Kurve verdeutlicht - durchschnittlich für die Gruppe - wieviel Kalorien je Kilo Körpergewicht an jedem Tag des Klinikaufenthaltes verabreicht wurden. Wir hatten die Nahrungsmenge abhängig vom Gedeihen eines jeden Kindes gegeben. Das Resultat mußte deshalb ein EQ sein, wie er von den Frühgeborenen selbst gefordert worden war.

Von den gefundenen Kurven des EQ wurde der Regressionskoeffizient (b_{yx}) errechnet aus:

$$\begin{array}{lll} \text{I} & s_x^2 & = \frac{\sum (x-\bar{x})^2}{n} \quad (\text{Varianz}) \\ \\ \text{II} & s_{xy} & = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{n} \quad (\text{Covarianz}) \\ \\ \text{III} & b_{yx} & = \frac{s_{yx}}{s_x^2} \quad (\text{Regressionskoeffizient}) \end{array}$$

Dazu wurden die Werte (Y) auf der Regressionsgeraden an vergleichbaren Tagen (x) bestimmt nach der Formel:

$$\begin{array}{ll} Y & = \bar{y} + b_{yx} (x-\bar{x}), \text{ wobei} \\ \\ \bar{y} & = \frac{\sum y}{n} \quad \text{darstellt.} \end{array}$$

3. Ergebnisse

a) Energiequotient

Bei der Übersicht der Kurven, die den EQ wiedergeben (Abb. 1), fällt auf, daß jede Kurve einen etwas anderen Verlauf nimmt.

Zwei Merkmale können dabei festgestellt werden. Zum ersten zeigt das Kurvenbild höherer Gewichtsklassen gegenüber niederen eine steilere Steigung. Es haben - zum zweiten - die Kurven innerhalb einer Gewichtsklasse eine ähnliche Steigung, jedoch in unterschied-

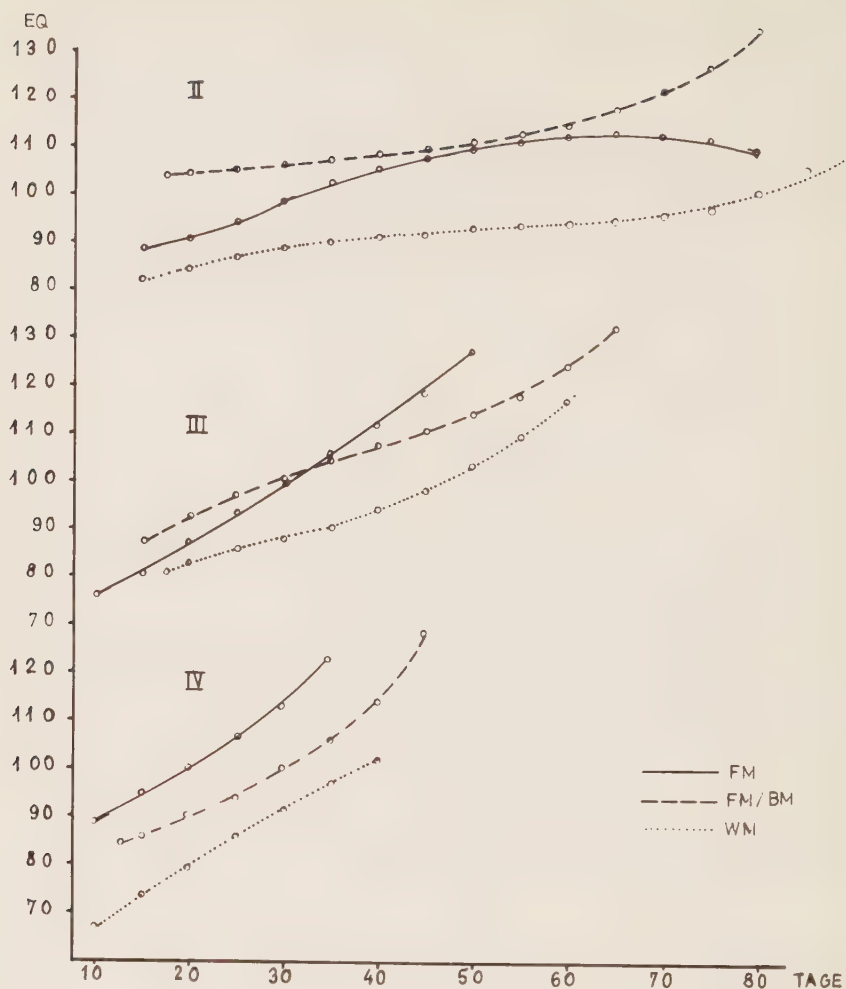


Abb. 1 Übersicht der Kurven, die die Energiequotienten der einzelnen Gruppen wiedergeben.

II = 1000-1499 g)
 III = 1500-1999 g) Geburts-
 IV = 2000-2499 g) gewicht

FM = Frauenmilch
 FM/BM = Frauenmilch/Buttermilch
 WM = WM-Säuglingsnahrung

lichem Niveau. Das erste Merkmal bestätigt der Regressionskoeffizient. Er steigt mit dem Geburtsgewicht (Tab. 1).

Regressionskoeffizient (b_{yx}) der Regressionsgeraden
für den EQ der Geburtsgewichtsrgruppen II - IV

Nahrungen	1000-1499	1500-1999	2000-2499
Frauenmilch	0,35	1,26	1,35
Frmi./Butterm.	0,44	0,80	1,31
WM-Säugln.	0,28	0,83	1,18

Tabelle 1

Der Regressionskoeffizient gibt Aufschluß über die Steigung der Kurven, weil er den tg des Winkels α ($\text{tg } \alpha = b_{yx}$) der Regressionsgeraden zur x-Achse darstellt. Definiert ist er als EQ/Tag. Es muß also mit Zunahme des Geburtsgewichtes auch die Zulage der Kalorien je Kilo des Körpergewichtes auf den Tag berechnet größer werden. Durchschnittlich wird bei Frühgeborenen zwischen 1000 - 1499 g Geburtsgewicht (Gruppe II) die Nahrung um täglich 0,38 Kalorien je Kilo Körpergewicht gesteigert, bei jenen mit Geburtsgewichten von 1500 - 1999 g (Gruppe III) um 0,94. Kinder zwischen 2000 - 2499 g Geburtsgewicht (Gruppe IV) erhalten täglich 1,40 Kalorien (pro Kilo Körpergewicht) zur Nahrungsmege des Vortages.

Das zweite Merkmal führt uns zu einem Vergleich der verschiedenen Nahrungen innerhalb einer Gewichtsgruppe. Dabei muß berücksichtigt werden, daß mit Frauenmilch ernährte Kinder mit einem Körpergewicht um 2600 g aus der Klinik entlassen werden. Alle übrigen Kinder werden erst entlassen, wenn sie 3000 g Körpergewicht erreicht haben (vergl. Abb. 3).

In Tabelle 2 ist die Größe des EQ am Lebenstage (x) aus den den Einzelkurven entsprechenden Regressionsgeraden wiedergegeben.

Energiequotienten an den Lebenstagen (x) berechnet aus den
Regressionsgeraden

	II			III			IV		
	1000 - 1499 g			1500 - 1999 g			2000 - 2499 g		
Nahrungen	20.	35.	80.	20.	35.	50.	15.	20.	35. Tage(x)
Frauenm.	94,9	99,2	115,9	88,0	106,9	125,8	94,6	101,4	121,6
Fram/Bm.	100,4	107,0	126,8	92,1	104,1	116,1	83,1	89,7	109,3
WM-Säug.	84,2	88,4	101,0	80,0	92,5	104,9	73,3	79,2	96,9

Tabelle 2

Die graphische Darstellung (Abb. 1) und Tabelle 2 zeigen, daß bei allen Gruppen WM-Säuglingsnahrung mit geringster Kalorienmenge gegeben wurde. Dagegen erhalten mit Frauenmilch ernährte Kinder der Geburtsgewichtsgruppen von 1500 - 1999 und von 2000 - 2499 die meisten Kalorien zugeführt. Zwischen WM-Nahrung und Frauenmilch liegt der EQ der mit Frauenmilch/Buttermilch ernährten Kinder in Gruppe III und IV.

In den Kurven der Abbildung 2 wird bestätigt, daß bei geringerem Geburtsgewicht die Kurve für den EQ weniger steigt. Der Regressionskoeffizient wird kleiner. Die täglichen Kalorienzulagen werden kleiner. Um dies noch deutlicher zu machen, geben wir im folgenden Text die Regressionskoeffizienten für Kinder unter 1000 g Geburtsgewicht wieder und für eine Untergruppe mit 1000 - 1249 g Geburtsgewicht.

Bei Kindern unter 1000 g Geburtsgewicht (1), die alle mit Frauenmilch/Buttermilch ernährt wurden, ist der Regressionskoeffizient negativ $b_{yx} = -0,01$. Bei gleicher Nahrung für Kinder von 1000 - 1249 g Geburtsgewicht (2) beträgt $b_{yx} = +0,05$. Für mit Frauenmilch ernährte Kinder dieser Gruppe (3) ist der Koeffizient $b_{yx} = +0,15$. Die Werte des EQ - am 30. und 90. Lebenstag aus der Regressionsgeraden bestimmt - betragen in oben angeführter Reihenfolge:

- (1) 130,09 / 129,39
 (2) 121,4 / 124,9
 (3) 104,52 / 115,02

Es ergibt sich daraus, daß Frühgeborene mit niedrigstem Geburtsgewicht einen annähernd konstanten EQ benötigen.

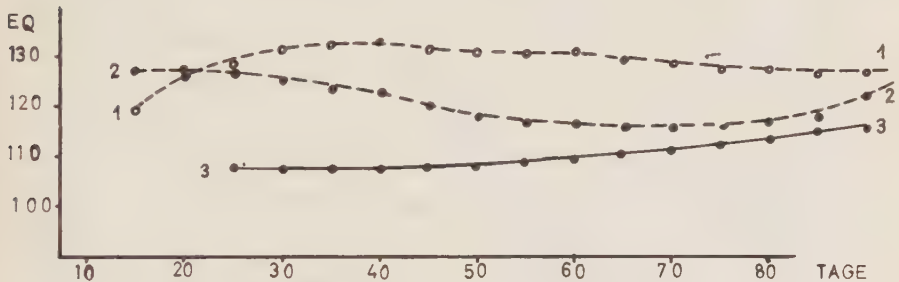


Abb. 2

Kurven der Energiequotienten für die Gruppen

- 1 mit Frauenmilch/Buttermilch ernährte Kinder unter 1000 g Geburtsgewicht
- 2 mit Frauenmilch/Buttermilch ernährte Kinder von 1000 - 1249 g Geburtsgewicht
- 3 mit Frauenmilch ernährte Kinder von 1000 - 1249 g Geburtsgewicht

b) Gewichtswachstum

Die arithmetischen Mittel der Gewichtszunahme der Frühgeborenen zeigen die Kurven der Abbildung 3. Die Gruppeneinteilung der Kinder wird beibehalten. Wir betrachten zunächst vergleichend gegeneinander die Gewichtszunahme der Kinder in den einzelnen Gruppen, um abschließend zu beurteilen, mit welcher Nahrung die Kinder am meisten an Gewicht zugenommen haben.

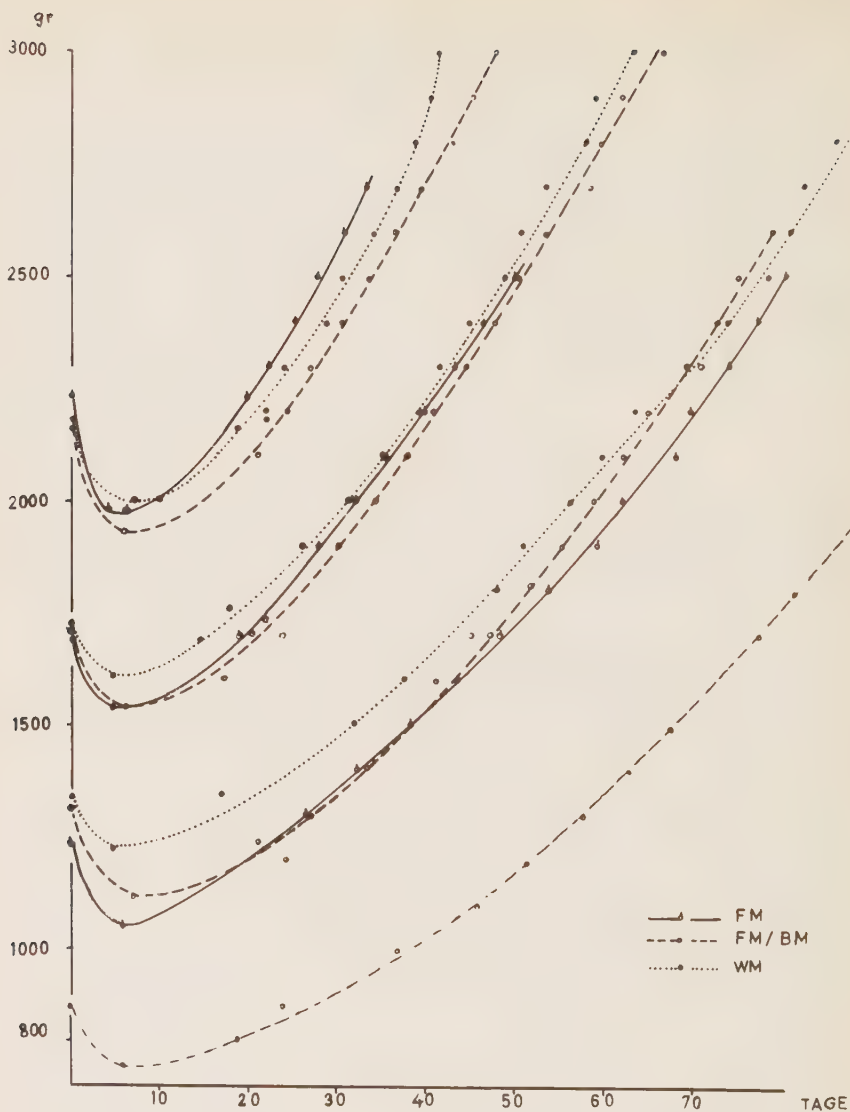


Abb. 3

Gewichtszunahme der Frühgeborenen in den einzelnen
Geburtsgewichtgruppen

FM = Frauenmilch
FM/BM = Frauenmilch/Buttermilch
WM = WM-Säuglingsnahrung

Keine Vergleichskurven konnten für die 8 Kinder unter 1000 g Geburtsgewicht gefunden werden. Sie wurden mit Frauenmilch und Buttermilchzusatz ernährt. Die Geburtsgewichte dieser Kinder liegen zwischen 750 g für das kleinste Frühgeborene und 980 g für das schwerste dieser Gruppe - im Mittelwert bei 877,5 g.

Allgemein fällt auf, daß Kinder mit geringerem Geburtsgewicht weniger Gewicht nach der Geburt - in Gramm berechnet - verlieren, in Prozent berechnet jedoch mehr. Es erscheint deshalb verständlich, daß sie das Geburtsgewicht später wieder erlangen als die schwereren Kinder. Aber das ist nicht der einzige Grund für das spätere Wiedererreichen des Geburtsgewichtes. Beim Vergleich der durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahme zwischen dem 7. - 28. Tag nach der Geburt - am 7. Lebenstag haben alle Kinder das niedrigste Gewicht erreicht - findet man, daß Kinder mit höherem Geburtsgewicht rascher zunehmen als solche mit geringerem (Tab. 5). Einwenden könnte man, daß schwerere Frühgeborene eher den tiefsten Punkt ihres Gewichtes erreicht haben und deshalb einen Vorteil durch den zeitiger beginnenden Gewichtsanstieg hätten. Im Beispiel der mit WM-Säuglingsnahrung ernährten Kinder wird deutlich, daß das nicht so ist. Die schwersten Kinder, die hier 7 Tage bis zum Erreichen des niedrigsten Gewichtspunktes benötigen - gegenüber 5 Tagen der anderen Kinder - besitzen dennoch den größten durchschnittlichen Gewichtsansatz.

Bei vergleichendem Betrachten des weiteren Kurvenverlaufes der einzelnen Gewichtsgruppe wird immer deutlicher, daß größere Frühgeborene rascher zunehmen. Bei dem Vergleich der durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahme pro Woche ist dies gut zu erkennen (Tab. 3). Ebenso deutlich wird das raschere Gewichtswachstum der schwereren Frühgeborenen gegenüber kleineren.

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme für die Lebenswoche
in Gramm für jede Nahrungsgruppe

Woche:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
für Frauenmilch											
1000-1499g	-26	+9,3	14,3	15,7	17	17	18,5	21,4	21,8	24,3	28,5
1500-1999g	-21,8	11,4	17,1	21,8	24,3	28,5	31,4	-	-	-	-
2000-2499g	-35	18,5	25,9	32,8	-	-	-	-	-	-	-
für Frauenmilch/Buttermilch											
1000-1499g	-28,5	3,5	11,4	14,3	17,1	21,4	21,8	25,9	28,5	30	35,7
1500-1999g	-27,1	7,1	15,7	20	25,9	28,5	30	34,3	39	-	-
2000-2499g	-35,7	7,1	21,4	27	31,4	34,3	-	-	-	-	-
für WM-Säuglingsnahrung											
1000-1499g	-17,1	5,9	11,4	14,3	15,7	18,5	18,5	21,4	21,4	25,9	28,5
1500-1999g	-21,4	7,1	15,7	21,4	25,9	27,1	30	35,7	-	-	-
2000-2499g	-27,1	14,3	20	27	34,3	39	-	-	-	-	-

Tabelle 3

In Tab. 4 ist die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme - errechnet vom Tage, an welchem das Geburtsgewicht wieder erreicht wurde, bis zu dem Tag, an welchem die Kinder 2500 g wogen - wiedergegeben.

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme vom wiedererreichten
Geburtsgewicht bis zum Gewicht von 2500 g

Geb.-Gew.	FM	FM/BM	WM
- 999 g		19,4	
1000 - 1499 g	23	25,25	22
1500 - 1999 g	26,25	27	26
2000 - 2499 g	30,6	29	27,2

Tabelle 4

Aber nicht nur zwischen den Gewichtsgruppen finden wir Unterschiede des Gewichtswachstums, sondern auch innerhalb der einzelnen Gruppe ist mit jeder weiteren Lebenswoche ein rascherer Zuwachs des Körpergewichtes festzustellen. Die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme steigt stetig an (Tabelle 3).

Zur Beurteilung des Ernährungserfolges der einzelnen Nahrungen beginnen wir mit der Gruppe der Kinder bis 1499 g Geburtsgewicht. Mit 10 % zeigen die mit WM ernährten Frühgeborenen den geringsten initialen Gewichtsverlust. Den größten Gewichtsansatz haben bis zur 5. Lebenswoche mit Frauenmilch ernährte Kinder. Von der 7. Woche an wird mit jeder Woche der größere Ansatzwert der durch Frauenmilch/Buttermilch ernährten Kinder deutlicher. In der 11. Beobachtungswoche steigern mit Buttermilchzusatz ernährte Kinder das Körpergewicht um 7 Gramm pro Tag mehr, als die mit Frauenmilch oder WM ernährten.

In der Geburtsgewichtsgruppe 1500 - 1999 g verlieren mit WM ernährte Kinder 9,9 % nach der Geburt an Gewicht gegenüber 11,8 % der mit Frauenmilch oder mit Frauenmilch/Buttermilch ernährten Kinder. Die wöchentliche Gewichtszunahme ist für WM-Kinder und Frauenmilch/Buttermilchkinder fast gleich. Mit reiner Frauenmilch nehmen die Kinder bis zur 3. Lebenswoche besser an Gewicht zu, in der 2. Woche sind es 4 g täglich mehr, in der 3. Woche 2 g. In der 4. Woche nehmen Frauenmilch-Kinder 21,8 g täglich zu, WM-Kinder 21,4 g und Frauenmilch/Buttermilch-Kinder 20 g.

Auch in der Gewichtsgruppe bis 2499 g Geburtsgewicht weisen die mit WM ernährten Neugeborenen mit 8,7 % den geringsten initialen Gewichtsverlust auf, gefolgt von Frauenmilch und Frauenmilch/Buttermilch ernährten Kindern (Tab. 5). In der 4. Lebenswoche nehmen mit Frauenmilch ernährte Kinder um 6 g mehr zu als mit Frauenmilch/Buttermilch oder WM ernährte. In der 6. Woche waren die mit Frauenmilch ernährten Kinder alle aus der Klinikpflege entlassen worden. Zu diesem Zeitpunkt gedeihen WM-Kinder besser als mit Frauenmilch/Buttermilch ernährte.

Faßt man dies noch einmal zusammen, so ergibt sich, daß in der Gewichtsgruppe zwischen 1000 und 1499 g Geburtsgewicht das Ergebnis für das Gewichtswachstum fast gleich ist. Die mit Frauenmilch/Buttermilchzusatz ernährten Kinder verdoppeln das Geburtsgewicht in 79 Tagen, gefolgt von Frauenmilch in 80 Tagen und WM in 84 Tagen.

In der Gewichtsgruppe 1500 - 1999 g kann das Gewichtswachstum als gleich bezeichnet werden, weil die Unterschiede für den Gewichtsansatz zwischen den einzelnen Nahrungen so gering sind.

Bei der Gruppe zwischen 2000 - 2499 g Geburtsgewicht gedeihen mit Frauenmilch ernährte Kinder besser (Tab. 3). Mit WM ernährte Kinder zeigen etwas besseres Gedeihen als mit Frauenmilch/Buttermilch ernährte Kinder.

Bei im Vergleich zu den anderen Nahrungen geringster Nahrungszufuhr (Abb. 1) zeigen die mit WM-Säuglingsnahrung ernährten Kinder - gegenüber allen anderen Nahrungen in allen Gruppen eine gute Gewichtszunahme (Abb. 3). Ebenso haben diese die geringsten Gewichtsverluste nach der Geburt (Tab. 3).

Zusammenstellung der Ergebnisse zum initialen Gewichtsverlust sowie Angaben über Anzahl der Kinder und Gewichtszunahme vom 7. - 28. Lebenstag in den Geburtsgewichtsgruppen

	Zahl d. Kinder	durchschn. Gewichts- abnahme in g	durchschn. Gewichts- abnahme in %	Tag des niedrig. Gewichts	Tag des wiederer. Geb.gew.	Gew.- Zunahme 7.-28. Tag in Gramm
Frauenmilch						
1000-1499 g	29	188	15,2	6.	21.	12,8
1500-1999 g	41	201	11,8	5.	19.	16,6
2000-2499 g	41	212	9,5	4.	17.	24,8
Frauenmilch/Buttermilch						
- 999 g	8	131,4	15	7.	25,14	6,2
1000-1499 g	78	219	16,6	7.	27,5	10
1500-1999 g	147	204	11,8	6.	22	14,3
2000-2499 g	75	244	11,2	6.	22	18,6
WM-Säuglingsnahrung						
1000-1499 g	12	137	10,2	5.	17	10,5
1500-1999 g	23	174	9,9	5.	18	14,8
2000-2499 g	25	187	8,7	7.	18,8	20,5

Tabelle 5

Die bessere Gewichtszunahme bei Frauenmilchernährung in der Gruppe bis 2499 g Geburtsgewicht erklären wir uns mit der größeren Kalorienzufuhr. Ebenso beurteilen wir den Erfolg der mit Buttermilch/Frauenmilch ernährten Kinder in der Gruppe bis 1499 g, die von der 7. Lebenswoche an besser gedeihen als die Frauenmilch-Kinder. Von diesem Zeitpunkt an verlangen die besser gedeihenden Frauenmilch/Buttermilch-Kinder mehr Nahrung. In der 11. Woche bekommen sie fast 20 Kalorien mehr als mit Frauenmilch ernährte Kinder (Abb. 1).

Vergleichen wir nun bei einem bestimmten Körpergewicht die jeder Geburtsgewichtszugruppe zugeführte Kalorienmenge.

Nachdem wir feststellen konnten, daß Kinder mit höherem Geburtsgewicht schneller zunehmen, stellen wir die Kalorienmenge bei gleichem erreichten Körpergewicht, aber unterschiedlichem Geburtsgewicht gegenüber, so ergibt sich: Je niedriger das Geburtsgewicht ist, desto höher ist die Kalorienzufuhr. Das bedeutet: mehr Kalorien je Kilogramm Körpergewicht für kleinere Frühgeborene im Vergleich mit gleichem Körpergewicht größerer Frühgeborener. Trotzdem benötigen Frühgeborene mit höherem Geburtsgewicht in gleicher Zeit größere Kalorienzulagen als kleinere Frühgeborene. Dem beschriebenen größeren Anwuchsvermögen schwererer Frühgeborener folgend, muß also der EQ als Resultierende aus Kalorien pro Körpergewicht in einer Kurve dargestellt, für Frühgeborene mit höherem Geburtsgewicht steiler ansteigen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Für das Gewichtswachstum

1. Die Gewichtszunahme ist bei Frühgeborenen mit höherem Geburtsgewicht in kürzerer Zeit größer, als mit niedrigerem Geburtsgewicht.
2. Mit steigendem Gewicht nimmt die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme während des Beobachtungszeitraumes zu.

Für die Kalorienzufuhr

3. Bei gleichem Körpergewicht benötigen Frühgeborene mit höherem Geburtsgewicht weniger Kalorien pro kg Gewicht als kleinere Frühgeborene.
4. Frühgeborene mit höherem Geburtsgewicht benötigen in gleicher Zeit größere Kalorienzulagen als kleinere.
5. Mit zunehmendem Körpergewicht wächst der Kalorienbedarf.

Für den Energiequotienten

6. Mit zunehmendem Geburtsgewicht steigt der EQ rascher an.
7. Unterschiede in der Größe des EQ bei verschiedener Nahrung wurden gefunden.

D. Diskussion

1. Diskussion der Ergebnisse für den Energiequotienten

Unsere Ergebnisse sind gewonnen worden bei einem Ernährungsregime, bei dem die Nahrungssteigerung abhängig gemacht wurde vom Verlauf der Gewichtskurve, also vom Gedeihen des Säuglings. Gerade das Frühgeborene, noch unreife Kind, bedarf auch bei optimaler Nahrungsqualität einer dem Individuum angepaßten Nahrungsquantität. Deshalb stimmen wir mit SCHWARTZER, MEIER, FREUND, SEUFERT, KORTHAUS u. a. in dem Gedanken einer individuellen Nahrungssteigerung überein. - Obgleich die genannten Autoren ein Vorgehen in der Ernährung fordern, wie wir es tun, geben sie einen konstanten EQ, eine bestimmte Zahl, als besonders günstig für das Gedeihen Frühgeborener an. Dies mag für die Mehrzahl der Frühgeborenen ohne Folgen sein. Es berechtigt aber nach unseren Ergebnissen, durch die wir ja gerade die Variabilität des EQ zeigen konnten, nicht dazu, die Frühgeborenen nach einem Schema mit einem konstanten EQ zu ernähren, wie dies von den genannten Autoren empfohlen wird.

Wir finden einen annähernd konstanten EQ nur in den untersten Gewichtsklassen bis 1249 g Geburtsgewicht (Abb. 2). Es entsprechen in diesen Gruppen unsere Ergebnisse - für mit Frauenmilch/Buttermilch ernährte Kinder - etwa denen von FREUND, die bis 1000 g Geburtsgewicht einen EQ von 126 errechnete. Wir finden für Frühgeborene in der gleichen Gewichtsgruppe einen EQ um 130. Für Kinder bis 1200 g Geburtsgewicht gibt die Autorin einen EQ von 122 an. Unsere mit Frauenmilch/Buttermilch ernährten Kinder bis 1249 g Geburtsgewicht fordern einen EQ um 123. FREUND setzt in der 2. Lebenswoche der Nahrung Plasmon zu.

Bei reiner Frauenmilchnahrung werden bei uns die Kinder in der Untergruppe bis 1249 g Geburtsgewicht mit einem EQ um 110 ernährt. Bei SEUFERT erhalten die Kinder bis 1500 g einen EQ zwischen 94 - 119, was etwa unseren Ergebnissen entspricht. Für alle anderen Gewichtsklassen und auch für jene Kinder unter 1249 g Geburtsgewicht konnten wir ab 2500 g Körpergewicht keinen konstanten EQ finden, sondern ein kontinuierliches Ansteigen. Auch können wir die Erfahrungen von BIRK, HOTTINGER, BASCH und SEUFERT, die bei anfangs reichlich ernährten Frühgeborenen ein ungenügendes Gedeihen beobachteten, das sich erst nach Nahrungsreduktion besserte, nicht bestätigen. Unsere Kinder gedeihen mit einer anfänglich niederen Kalorienzufuhr, die sich mit zunehmendem Lebensalter steigert. MEIER veröffentlichte einen Vorschlag zur dynamischen Ernährung Frühgeborener nach der Formel:

$$\frac{3 \times \text{Lebenstage} \times \text{Gewicht}}{100} = \text{Tagestrinkmenge in Gramm}$$

MEIER hat selbst EQ-Werte für seine Formel ausgerechnet. Er erreicht für mit Frauenmilch ernährte Kinder bereits am 7. Lebenstag einen EQ von 136. Diesen Wert erreichen unsere mit Frauenmilch ernährten Frühgeborenen bei dem durchschnittlichen Krankenhaus-aufenthalt bis 2500 g Körpergewicht nicht. Ebenso liegen alle anderen Werte über den von uns gefundenen Mittelwerten. Die Formel von MEIER ist wahrscheinlich für die ersten 7 Lebenstage bestimmt; wird sie bei älteren Kindern angewendet, ist die Tagestrinkmenge zu hoch.

Auch die von v. PFAUNDLER und SCHLOSSMANN für die ersten 10 Lebenstage angegebene - später von JASCHKE als ROMMEL'sche Formel publizierte - Berechnungsart der Frühgeborenenernährung bringt Ergebnisse, die höher als unsere liegen. ($V = n+10$ in ccm; $V = \text{Nahrungsvolumen}/100 \text{ g Körpergewicht}$, $n = \text{Lebenstage}$). Das in der Folgezeit - nach dem 10. Lebenstag - mit $1/5$ bis $1/6$ des Körpergewichtes angegebene erforderliche Nahrungsvolumen für Frühgeborene (v. PFAUNDLER) liegt ebenfalls höher als unser Resultat.

In der Arbeit von KORTHAUS werden die Wochenergebnisse für den EQ tabellarisch für jedes Kind aufgeführt. Unter den unseren Kindern vergleichbaren steigt der EQ mit jeder Woche bis zu einem Körpergewicht von 3000 g an. In der ersten Lebenswoche erhalten die Kinder bei KORTHAUS oft einen relativ hohen EQ. Unsere Kinder verlangen in dieser Zeit eine geringe Nahrungsmenge. Die Kinder bei KORTHAUS werden während des ganzen Klinikaufenthaltes reichlicher ernährt als bei uns (-1500 g 127 EQ; 1501 - 2000 g 119 EQ; 2001 - 2500 g 116 EQ). Es ist deshalb kein uneingeschränkter Vergleich möglich. Wenn wir aus der Arbeit von KORTHAUS entnehmen, daß Kinder mit zunehmendem EQ ernährt werden, müssen wir doch feststellen, daß KORTHAUS selbst für jedes Kind einen konstanten EQ beschreibt. Er findet diesen, indem er für jede Woche den EQ von jedem Kind bestimmt. Er kommt durch Addition der Wochenergebnisse mit anschließender Division zu einer Durchschnittszahl. Diese Zahl stellt die verbrauchten Kalorien je Kilo Körpergewicht dar, mit denen das Kind durchschnittlich ernährt wurde. Der mittlere EQ für alle Kinder wird mit gleichem Verfahren ermittelt. Ähnlich bestimmt SEUFERT den EQ seiner Frühgeborenen durch Division der Summe mehrerer Einzelermittlungen. Er kommt ebenfalls zu konstanten Zahlen. Andere Autoren geben leider nicht das Verfahren zur Ermittlung des von ihnen angegebenen EQ an.

Ein Vergleich bei Ernährung mit konstantem EQ und unseren Ergebnissen ist nicht in vollem Umfange möglich. Trotz dieses Unterschiedes wollen wir unsere Ergebnisse mit den Angaben der Literatur vergleichen.

Bei Ernährung der Kinder - von 1500 g Geburtsgewicht aufwärts - mit Frauenmilch übersteigt der EQ bis zum Körpergewicht 2500 g nicht 125 Kal/kg. Nach der ersten Woche erhalten die Kinder zwischen 75 - 90 Kal/kg täglich. Unsere Ergebnisse liegen im Bereich der von SEUFERT, TANZ, MEYER/NASSAU, BIRK, ORGLER, SCHADOW, CZERNY/KELLER und FINKELSTEIN beschriebenen Durchschnittsergebnisse.

Es erhalten unsere Frühgeborenen in den ersten Wochen die als Minimalernährung von TANZ, FRANKE/SINGER, HOFFA u. a. propagierte Nahrungsmenge. Für die während der letzten 2 Beobachtungswochen des Klinikaufenthaltes verabfolgte Menge finden wir die meisten Bestätigungen in der Literatur. -

Bei mit Frauenmilch und Buttermilchzusatz ernährten Kindern beträgt die tägliche Nahrungsmenge der ersten Wochen 85 - 105 Kal/kg, bei dem Entlassungskörpergewicht 3000 g um 130 Kal/kg. Damit bewegen wir uns ebenfalls im Rahmen der in der Literatur beschriebenen Ernährungsergebnisse; anfangs wiederum an der unteren Grenze (FINKELSTEIN 90 - 100). In der späteren Zeit werden die Kinder etwas reichlicher ernährt als wir in der Literatur finden können (MORF 95 - 125, KORTHAUS 118, MOLL 110 - 120 EQ). Für die künstlichen Milchen bestehen so unterschiedliche Bedingungen zu den in der Literatur gefundenen Angaben, daß ein Vergleich nicht möglich ist.

In den Arbeiten von GRUBER, FREUND, BIRK, SEUFERT und KORTHAUS finden wir bestätigt, daß kleinere Frühgeborene einen größeren Kalorienbedarf bei gleichem Körpergewicht haben als jene mit höherem Geburtsgewicht.

ROMINGER dagegen schreibt, daß die Ernährungstherapie berücksichtigen müsse, daß kleinere Frühgeborene ein geringeres Anwuchsvermögen hätten. Das können wir nicht bestätigen.

Im Folgenden soll versucht werden festzuhalten, was uns der EQ in Bezug auf ein optimales Gedeihen der Frühgeborenen aussagen kann und wo eventuelle Fehler in der Beurteilung liegen. Die Grundlage für die Betrachtung sind unsere Untersuchungen und Ergebnisse. Wir betrachten nebeneinander den von uns gefundenen veränderlichen EQ und den in der Literatur immer mit einer bestimmten Zahl angegebenen EQ, kurz: den konstanten EQ.

Die einzelne Kurve des EQ ist - wie beschrieben - einer bestimmten Gruppe von Kindern zuzuordnen. In dieser Arbeit werden die Gruppen mit 500 g Unterschied im Geburtsgewicht eingeteilt. Auch ein in einer bestimmten Zahl festgelegter EQ ist einer nach Geburtsgewicht begrenzten Gruppe von Kindern zuzuordnen. Dies bestätigen die Ergebnisse von FREUND und KORTHAUS (siehe oben). Würde die Berechnung des EQ nicht mit Unterteilung in Geburtsgewichtsruppen erfolgen, so würde - als Beispiel - ein für Frühgeborene mit Geburtsgewichten über 2000 g ermittelter EQ für Kinder unter 1500 g Geburtsgewicht zu niedrig liegen.

Die Kurve stellt die gegebenen Kalorien je Kilo des Körpergewichtes, den EQ, als arithmetischen Mittelwert dar. Aus jeder Kurve ist die mittlere Kalorienzufuhr für alle in der Gruppe zusammengefaßten Kinder zu ersehen. Der konstante EQ ist ebenfalls ein Mittelwert. Er gibt ebenso die mittlere Kalorienzufuhr für das einzelne Frühgeborene wie für eine Gruppe wieder. Der konstante EQ berücksichtigt nicht den Zeitfaktor. Man ersieht z. B. aus ihm nicht, daß der EQ größerer Kinder rascher ansteigt als der kleinerer. Benutzt man für die EQ-Bestimmung nur die ersten Lebenswochen, so kommt man zu einer niederen Durchschnittszahl. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn man einen späteren Beobachtungspunkt zur Berechnungsgrundlage erwählt. - Dagegen zeigt die kurvenmäßige Darstellung, daß von den Kindern Kalorienzulagen gefordert werden. Zudem gibt er uns Aufschluß über die Größe der mittleren Zulage und wann diese erfolgt.

Aus den Mittelwerten des EQ als Kurve und des bestimmten EQ für eine Gruppe Kinder kann man nichts über den Quotienten des einzelnen

Kindes aussagen. Es unterscheidet sich die Kurve des einzelnen Frühgeborenen gegenüber der Kurve des Gruppen-Mittelwertes durch einen nicht so gleichförmigen Verlauf. Eine gegebene Nahrungsmenge wird über einige Tage in gleicher Höhe verabreicht. Das Körpergewicht des Kindes steigt. Es muß dabei der EQ abfallen. Mit erneuter Nahrungszulage muß der EQ wieder steigen. Es ergibt sich ein stufenförmiges Ansteigen des Quotienten und damit der einzelnen Kurve. Die Gruppenkurve ist in ihrem Verlauf ausgeglichen durch die Vielzahl der Einzelergebnisse. - Auf die Genauigkeit der Berechnung eines bestimmten Mittelwertes des EQ eines Kindes würde sich die Unmöglichkeit einer absolut kontinuierlichen Nahrungszufuhr auch auswirken. Je nach Anzahl der Einzelermittlungen würde der konstante EQ hinreichend genau werden. - SAMELSON und HOFFA ernährten Kinder in weiten Grenzen (115 - 150 bzw. 60 - 128 EQ). Aus den Ergebnissen dieser Autoren wird ersichtlich, daß mit jeder neuen Nahrungszugabe der EQ ansteigt, um mit wachsendem Körpergewicht bei unveränderter Nahrungsmenge wieder zu fallen, bis wiederum die Nahrungsmenge gesteigert wird.

Ein weiterer Unterschied der Einzelkurve gegenüber dem Mittelwert ergibt sich aus der Tatsache, daß Frühgeborene mit gleichem Geburtsgewicht unterschiedliche Nahrungsmengen für gutes Gedeihen benötigen. - Außer Acht gelassen sei bei dieser Betrachtung, daß innerhalb jeder Gruppe durch Geburtsgewichtsunterschiede unterschiedliche Mengen in der Nahrungsaufnahme gefunden werden. Dieser Unterschied in der täglich aufgenommenen Nahrungsmenge beträgt bis zu 30 Kalorien pro Kilo des Körpergewichtes oberhalb und unterhalb der angegebenen Mittelkurve. -

Es können also zwei Frühgeborene mit gleichem Geburtsgewicht bei gleich gutem Gedeihen und Gewichtswachstum mit einem Unterschied in der Nahrungsmenge von 50 Kalorien je Kilo Körpergewicht täglich ernährt werden. Das entspricht etwa 70 ccm Frauenmilch. Diese Tatsache kann bedingen, daß der konstante EQ und der in einer Kurve wiedergegebene zu hoch liegen, weil die Kinder, deren Nahrungsmenge bestimmt wurde, viel Nahrung benötigt haben. Das Gegenteil

dazu ist ebenso möglich. Jedoch erscheinen diese Möglichkeiten unwahrscheinlich.

Daß Frühgeborene mit zum Teil sehr unterschiedlichem Kalorienbedarf gleich gutes Gedeihen zeigen - bei gleichem Geburtsgewicht -, wird in der Literatur von fast allen Autoren beschrieben. GRUBER und auch STAHL ermitteln aus dieser Beobachtung einen optimalen EQ, indem sie bei bestimmten EQ-Werten die besten Wachstumsergebnisse suchen.

Weitere Fehler für die Berechnung des EQ würden sich aus der von BIRK, HOTTINGER, BASCH und SEUFERT angegebenen Beobachtung ergeben, nach der anfangs reichlich ernährte Frühgeborene durch Reduzieren der Nahrungsmenge besser gedeihen. Gleichgültig in welcher Form man den EQ für solche Kinder bestimmt: dieser EQ wird immer das Ergebnis für eine Gruppe beeinflussen.

Wir selbst können diese Beobachtung nicht bestätigen.

Lassen wir diese möglichen Fehler, die der Berechnung des EQ zugrunde liegen können, einmal außer Betracht und wenden uns den Anwendungsmöglichkeiten für den Energiequotienten zu. Die praktische Bedeutung des konstanten EQ soll darin liegen, die erforderliche Kalorienmenge für andere Frühgeborene errechnen zu können, indem der konstante EQ mit dem Körpergewicht des Kindes multipliziert wird und sich daraus die tägliche Kalorienmenge ergibt. Wird der EQ mit einer bestimmten Zahl festgelegt - wie ihn die meisten Autoren empfehlen -, entspricht dieser Wert zwar dem errechneten Durchschnitt, dem Einzelkind werden wir aber damit nicht gerecht. Wir konnten zeigen, daß das junge Frühgeborene relativ weniger Nahrung benötigt als das ältere. Auch benötigt das mit dem niedrigeren Geburtsgewicht zu einem späteren Zeitpunkt bei einem vergleichbaren Körpergewicht eine höhere Kalorienzufuhr als ein bei Geburt schwereres Frühgeborenes. Außerdem wissen wir nicht, ob Kinder, die nach dem konstanten EQ eine relativ kalorienreiche Nahrung erhalten, nicht bei einer kalorienärmeren Nahrung besser gedeihen wären (ent-

sprechend den Angaben von BIRK, BASCH, HOTTINGER u. SEUFERT (siehe oben). Und schließlich ergibt sich aus der Tatsache, daß von den einzelnen Autoren unterschiedliche EQ errechnet und für die Ernährung von Frühgeborenen angegeben werden, eine Bestätigung unserer Ergebnisse, daß der sogenannte konstante EQ nur ein rechnerischer Wert ist, der praktisch zwar einen Anhaltspunkt für die Ernährung geben kann, aber für die Anwendung bei einzelnen Frühgeborenen nicht geeignet zu sein scheint. Auch aus den von einzelnen Autoren angegebenen großen Streubreiten für den "konstanten" EQ ist zu ersehen, daß jedes einzelne Kind seinen eigenen EQ besitzt, der zwar in einer bestimmten Größenordnung liegt, aber abhängig vom Individuum ist.

Die gleichen Einwände ergeben sich bei einer kurvenmäßigen Darstellung des EQ. Die Kurve gibt zwar einen Hinweis für die zeitliche Kaloriensteigerung, berücksichtigt aber ebenfalls nicht das einzelne Kind.

Abschließend ergibt sich, daß die Ernährung des Frühgeborenen auf Grundlage der Berechnung des EQ nur bedingt möglich ist. Wir stimmen deshalb mit PEIPER überein, der der Meinung ist, daß die umständliche Berechnung überflüssig sei.

2. Diskussion der Ergebnisse für das Gewichtswachstum

Das Gewichtswachstum unserer Kinder wollen wir nun folgend mit den Angaben verschiedener Autoren vergleichen. Für die tägliche Gewichtszunahme pro Woche veröffentlichte MEIER für Kinder, die ab 8. Lebenstag mit einem EQ um 130 mit Frauenmilch ernährt wurden, diese Tabelle (Nr. 6):

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme in Gramm (MEIER)

Geburtsgewicht	Woche							
	1	2	3	4	5	6	7	8
-1500 g	-6,5	19	21	27	26,4	26,2	26,5	24
1501-2000 g	-15,5	22	29	31	28	31	29	25
2001-2500 g	-19	26,5	31,5	30	27	29	-	-

Tabelle 6

Diese Angaben sind mit unserer Tabelle 3 für mit Frauenmilch ernährte Kinder zu vergleichen. Die Kinder bei MEIER nehmen während der ersten Lebenstage weniger an Gewicht ab. Sie zeigen ein größeres Gewichtswachstum bis zur 4. Lebenswoche. Von der 5. Woche an nehmen die Frühgeborenen bei MEIER weniger an Gewicht zu. Unsere Kinder dagegen zeigen in jeder Woche ein Ansteigen der durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahme. MEIER erzielt einen rascheren Gewichtsanstieg und einen geringeren initialen Gewichtsverlust als wir.

In den niederen Gewichtsklassen bis 1500 g Geburtsgewicht haben die Kinder bei MEIER 11,3 % des Geburtsgewichtes verloren.¹⁾ Das entspricht etwa dem, was unsere Kinder bei Ernährung mit künstlicher Milch erreichen. Unsere Kinder dieser Gruppe, die mit Frauenmilch ernährt worden sind, zeigen einen Gewichtsabfall zwischen 15 - 16 % (vgl. Tab. 5). Die weiteren Angaben MEIER's - für Kinder bis 2000 g Geburtsgewicht 10,5 % Gewichtsabfall; für Kinder bis 2500 g 9,7 % - entsprechen unseren Zahlen (vgl. Tab. 5).

Im folgenden Text stellen wir unsere Ergebnisse für das Gewichtswachstum den Angaben aus einer Arbeit von GRUBER gegenüber. Bei der Berechnung der Gewichtszunahme setzte GRUBER das Geburtsgewicht gleich 100 %. Dies wurde beibehalten.

1) Anmerkung

Die Angabe MEIER's (Z. Kinderheilk. 61 (1940), Seite 364, die Kinder bis zu 1500 g Geburtsgewicht hätten 11,3 % ihres Geburtsgewichtes verloren, stimmt nicht mit der Zahlenangabe von 6,5 g Gewichtsabnahme in der ersten Woche (Tabelle 6) überein. Diese Zahlenangabe ist ebenfalls von MEIER übernommen (Z. Kinderheilk. 61 (1940), Seite 372). Beim Nachrechnen ergibt sich, daß diese Kinder in der ganzen Woche nur ungefähr 4 % des Geburtsgewichtes verloren hätten.

Vergleich der Gewichtszunahme mit Angaben GRUBER's.

Das Geburtsgewicht entspricht 100 %.

	1000 - 1499 g	1. Monat	2. Monat	3. Monat
Eigene Ergeb- nisse	FM	106 %	149 %	205 %
	FM/BM	100 %	146 %	215 %
	WM	107 %	146 %	201 %
GRUBER		108 %	155 %	196 %

(aus GRUBER's Angaben als Durchschnitt errechnet)

	1500 - 1999 g	1. Monat	2. Monat
	FM	112 %	158 %
	FM/BM	107 %	154 %
	WM	110 %	156 %
GRUBER		109 %	151 %

	2000 - 2499 g	1. Monat
	FM	112 %
	FM/BM	107 %
	WM	112 %
GRUBER		111 %

Tabelle 7

Während die kleinsten Kinder bei GRUBER bis zum 2. Lebensmonat etwas schneller an Gewicht zunehmen als bei uns, finden wir für unsere Kinder eine etwas bessere Zunahme im 3. Lebensmonat. Unter den Kindern bis 2000 g Geburtsgewicht nehmen unsere besser zu. Die Unterschiede sind jedoch so gering, daß man sagen darf, daß sich die Ergebnisse praktisch gleichen. Dies gilt nicht so für die Angaben GRUBER's zum initialen Gewichtsverlust.

Zum Vergleich mit unseren Angaben (Tab. 5) werden in Tab. 8 die von GRUBER errechneten Werte angegeben.

GRUBER's Ergebnisse zum initialen Gewichtsverlust

Geburts- gewicht	Gewichtsverl. in g	in %	Tag des niedr. Gewichtes	Tag des wie- dererreichten Geb.-Gew.
1001-1500 g	156,5	11,5	5,5	21,5
1501-2000 g	177	10	4,6	18,7
2001-2500 g	215	9,8	5	18,7

(errechnet nach Angaben von GRUBER)

Tabelle 8

Bei den Kindern mit höherem Geburtsgewicht entsprechen unsere Angaben etwa denen GRUBER's. Bei den kleinen Kindern entnehmen wir aus GRUBER's Ergebnissen einen geringeren Gewichtsverlust und ein rascheres Wiedererreichen des Geburtsgewichtes, als wir es für unsere Kinder finden konnten.

KORTHAUS gibt für mit Frauenmilch ernährte Frühgeborene eine durchschnittliche wöchentliche Gewichtszunahme von 126 g an. Diesen Gewichtszuwachs erreichen unsere Kinder bis 1499 g am Ende der 9. Lebenswoche, die bis 1999 nach der 4. Woche und die bis 2499 g Geburtsgewicht bereits nach der 2. Woche. Nach diesem Zeitpunkt überschreiten unsere Kinder diesen Wert beträchtlich (bis 230 g wöchentliche Zunahme). Für mit Buttermilchzusatz ernährte Kinder können wir den Unterschied in der Gewichtszunahme gegenüber Frauenmilch nicht finden. KORTHAUS beschreibt bei dieser Ernährung eine wöchentliche Zunahme von 181 g.

Beim Vergleich des von DANCIS, O'CONNELL und HOLT in Kurven wiedergegebenen zu erwartenden Wachstums Frühgeborener sehen wir für unsere Kinder mit Geburtsgewichten von 2000 g bis 2499 g eine Übereinstimmung. Kinder unter diesem Geburtsgewicht bleiben nach unseren Untersuchungen jedoch hinter den Gewichtsangaben der genannten Autoren zurück, so z. B. in der 7. Lebenswoche um ca. 200 g (auf das durchschnittliche Körpergewicht der Kinder bezogen).

Bei der Betrachtung der Eigentümlichkeiten des Frühgeborenenwachstums unter Berücksichtigung der Literatur ergibt sich das Folgende:

1. Aus unseren Untersuchungen konnten wir ein rascheres Gewichtswachstum Frühgeborener mit höheren Geburtsgewichten gegenüber kleineren Frühgeborenen ablesen. In den Arbeiten von HOTTINGER, SEUFERT, MEIER, SCHADOW u. ROMINGER finden wir bestätigt, daß kleinere Frühgeborene ein nicht so rasches Wachstum des Körpergewichtes zeigen wie größere.

2. Ebenso wie wir fand HOTTINGER, daß mit Zunahme des Körpergewichtes bei allen Frühgeborenen eine größere Gewichtszunahme gegenüber den ersten Lebenswochen zu verzeichnen ist. Aus den Berechnungen GRUBER's können wir ebenfalls ersehen, daß mit Zunahme des Körpergewichtes die Gewichtszunahme steigt. Aus den Angaben MEIER's sehen wir diese Zunahme bis zur 6. Lebenswoche, danach nicht mehr. Nicht so sicher für diese Art der Gewichtszunahme sprechen die Angaben von DEGEN und DEGEN. Zur durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahme - während des Klinikaufenthaltes - machen sie folgende Angaben:

Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme während des Klinikaufenthaltes der Kinder (siehe auch Anmerkung)

- 1000 g	14,1)			
1001 - 1250 g	16,7)	-	1499	11,0 (21,5)
1251 - 1500 g	17,4)			
1501 - 1750 g	16,2)	-	1999	15,5 (18,2)
1751 - 2000 g	15,0)			
2001 - 2250 g	13,6)	-	2500	20,5 (16,8
2251 - 2500 g	13,6)			

DEGEN und DEGEN

eigene Ergebnisse

Tabelle 9

Anmerkung zu Tab. 9: Unsere Ergebnisse sind der Durchschnitt aller Ernährungsgruppen für jede Gewichtsklasse (ohne Klammer 7. - 28. Lebenstag, mit Klammer für die Zeit des Klinikaufenthaltes entsprechend DEGEN).

3. Alle Autoren sind sich darin einig, daß der initiale Gewichtsverlust größerer Frühgeborener prozentual geringer ist als bei kleineren. Unsere Ergebnisse entsprechen diesen Angaben.

E. Zusammenfassung

Aus den Krankengeschichten von 479 ausgewählten Frühgeborenen der Jahre 1951 bis 1961 wurden Nahrungsmengen und Gewichtswachstum bei je 100 g Körpergewichtszunahme für jedes Kind abgelesen. Die Frühgeborenen wurden entsprechend der einzelnen Nahrungsarten in Gruppen geteilt, die wiederum nach Geburtsgewichtsgruppen unterteilt wurden. Für jede Geburtsgewichtsgruppe jeder Nahrungsgruppe wurden der Energiequotient (EQ) und das Gewichtswachstum als Mittelwerte zeitabhängig in Kurven wiedergegeben.

Der initiale Gewichtsverlust nach der Geburt ist bei größeren Frühgeborenen prozentual geringer als bei kleineren. Ein geringerer Gewichtsverlust nach der Geburt wurde für alle Geburtsgewichtsgruppen bei Ernährung mit künstlicher Milch beobachtet.

Mit zunehmendem Körpergewicht steigt die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme. Die Gewichtszunahme erreicht bei Frühgeborenen mit größerem Geburtsgewicht in kürzerer Zeit höhere Werte als bei kleinen, die nur langsam an Gewicht zunehmen.

Junge Frühgeborene benötigen relativ weniger Nahrung als ältere, d. h., es nimmt mit steigendem Körpergewicht der tägliche Kalorienbedarf pro kg Körpergewicht zu. Frühgeborene mit höherem Geburtsgewicht verlangen eine schnellere Steigerung der Kal/kg als kleinere Frühgeborene. Dabei benötigen bei gleichem Körpergewicht Frühgeborene mit höherem Geburtsgewicht relativ (pro kg Körpergewicht) weniger Kalorien als kleinere.

Aus dem Beschriebenen ergibt sich, daß der EQ, der sich aus der zugeführten Kalorienmenge und dem Körpergewicht ergibt, abhängig ist vom Geburtsgewicht, weil von diesem die Faktoren Kalorienbedarf

und Körpergewichtswachstum abhängen. Zudem ist der EQ von der Art der Nahrung abhängig. Es steigt mit zunehmendem Geburtsgewicht der Kinder der EQ täglich rascher an, wie es für Gewichtszunahme und Kalorienzulage bereits beschrieben wurde. Dabei haben Kinder der Untergruppe bis 1249 g und unter 1000 g Geburtsgewicht einen noch annähernd konstanten EQ über längere Zeit. Ein bestimmter EQ, der für alle Frühgeborenen gültig ist, konnte von uns nicht gefunden werden.

Mängel bei jeder Berechnung des EQ ergeben sich aus der Unmöglichkeit, Frühgeborenen absolut kontinuierlich Nahrung zuzuführen und daraus, daß Frühgeborene unterschiedliche Nahrungsmengen für gleiches Gedeihen benötigen. Eine Einteilung nach Geburtsgewichtsgruppen ist Voraussetzung für eine Berechnungsgrundlage. Jedes einzelne Kind besitzt seinen eigenen EQ, der zwar in einer bestimmten Größenordnung liegt, aber abhängig vom Individuum ist. Die vielen Zahlenangaben zum EQ sind wohl auch Ausdruck der unvermeidbaren Berechnungsmängel.

Für das Gewichtswachstum fanden wir eine gute Übereinstimmung mit den Angaben der Literatur.

Literaturverzeichnis

- BASCH, F. Beitrag zur Ernährung von Frühgeburten.
Wien. klin. Wschr. 1932, II, 1154.
- BENDIX, B. Lehrbuch der Kinderheilkunde.
Verlag Urban und Schwarzenberg Berlin 1907.
- v. BERLIN-HEIMENDAHL, S.
Die Krankheiten des Neugeborenen und Frühgeborenen.
Verlag Ferd. Enke, Stuttgart, 1960.
- BIRK, W. Über den Nahrungsbedarf frühgeborener Kinder.
Mschr. Kinderhkl. 9, 279 (1910)
- Säuglingskrankheiten
3. Auflage 1919.
- BROCK, J. Biologische Daten für den Kinderarzt.
Verlag Springer Berlin-Göttingen-Heidelberg 1954.
- BÜSCHER, L., J. GLEISS
Vergleichende Untersuchungen über die Ernährung
der Frühgeburt mit Frauenmilch, Milchzucker-
eiweißmilch, Milchzuckerfettmilch und Säure-2/3-
Milch.
Mschr. Kinderhkl. 101, 357 (1953).
- CZERNY, A., A. KELLER
Des Kindes Ernährung.
Ernährungsstörungen und Ernährungstherapie Bd. I
Verlag Franz Deuticke Leipzig-Wien 1925.
- DANCIS, J., J. R. O'CONNELL, L. E. HOLT jr.
A grid for recording the wight of premature infants.
J. Pediatr. (S. Louis) 33, 570 (1948 II).

- DAVIDSON, M. The feeding of prematurely born infants.
A critique of current status.
J. Pediatr. (S. Louis) 57, 604 (1960).
- DEGEN, E., R. DEGEN
Gewichtswachstum bei Frühgeborenen.
Mschr. Kinderhk. 106, 320 (1958).
- FINKELSTEIN, H. Lehrbuch der Säuglingskrankheiten.
Verlag Elsevir Publishing Comp. - Suc.
New York-Amsterdam-London, 4. Aufl., 1938.
- Über die Pflege kleiner Frühgeburten.
Therap. Gegenw. (Berlin) 1900, 109.
- FRANKE, J., E. SINGER
Über die Entwicklung frühgeborener Kinder.
Mschr. Kinderhk. 40, 496 (1928).
- FREUND, K. Über die Aufzucht von Frühgeburten im Kinder-
krankenhaus.
Zschr. Kinderhk. 53, 345 (1932).
- GORDON, H., S. Z. LEVINE, H. MC NAMARA
Feeding of premature infants. A comparison of
human and cow's milk.
Amer. J. Dis. Child. 73, 442 (1947).
- GORDON, H. Feeding of premature infants.
Amer. J. Dis. Child. 73, 713 (1947).
- Protein allowences for premature infants.
J. Amer. Med. Ass. 175, 107 (1961).
- Prematurity Advences in Pediatrics 1947,
II, 315.

- GRUBER, M. Über den optimalen Energiequotienten bei der Aufzucht von Frühgeburten.
Ann. Paediatr. 160, 240 (1943).
- HASSLER, A. Über die Aufzucht der Frühgeburten im Aarauer Kinderspital in den Jahren 1946 - 47 unter besonderer Berücksichtigung der Ernährung mit Trocken-eiweißmilch.
Ann. paediatr. (Basel) 172, (1949).
- HEUBNER, O., W. HEUBNER Zur Lehre von der energetischen Bestimmung des Nahrungsbedarfes beim Säugling.
Jb. Kinderhk. 72, 121 (1910).
- HOFFA, L. Studien über den kalorischen Bedarf der Frühgeburten.
Arch. Kinderhk. 72, 6 (1922).
- HOTTINGER, A. Über die Aufzucht frühgeborener Kinder im Baseler Kinderspital und deren Ergebnisse von 1922 - 1927.
20. Beiheft zum Jb. Kinderhk. (Berlin) 1928.
- HUBER, O. Ein nunmehr 8 Jahre altes mit einem Geburtsgewicht von 790 g frühgeborenes Mädchen.
Zschr. Kinderhk. 30, 281 (1921).
- v. JASCHKE, R. Die Aufzucht Frühgeborener in der allgemeinen Praxis.
Med. Welt 1950, 601.
- KORTHAUS, H. Erfahrungen über die quantitative Ernährung von Frühgeburten.
Inaugural-Diss. Bonn 1937.
- KOTIKAS, A. Zur Methodik der Frühgeborenenernährung.
Medizinische, Stuttgart 1956, 1759.

- LANGER, H. Ernährung frühgeborener Kinder in den ersten Lebenswochen.
Zschr. Kinderhk. 41, 598 (1926).
- de LEON, A., R. SONGCO
A ten-year study of premature infant mortality.
J. Pediatr. 8, 72 (1959).
- MEIER, A. Beitrag zu einigen Fragen der Aufzucht Frühgeborener.
Zschr. Kinderhk. 61, 355 (1940).
- MEYER, F., E. NASSAU
Die Säuglingsernährung.
Verlag J. F. Bergmann, München 1930.
- MOLL, L. Beitrag zur Aufzucht frühgeborener Kinder.
Zschr. Kinderhk. 21, 329 (1919).
- MORF, V. Beitrag zur Neugeborenenernährung unter spezieller Berücksichtigung der Frühgeburten.
Ann. paediatr. 168, 40 (1947).
- NASSO, J., A. VERGA, C. POTOTSCHNIG
Unsere Erfahrungen in der Aufzucht von Frühgeborenen.
Helvet. paediatr. acta Serie C 10, 484 (1955).
- NOTHMANN, H. Zur Pflege und Ernährung der Frühgeburten.
Reichsmed. anz. 12, 355 (1913).
- OBERWARTH, E. Pflege und Ernährung der Frühgeburten.
Erg. inn. Med. 7, 191 (1911).
- ORGLER, A. Über die Ernährung der Frühgeburten.
Mschr. Geburtsh. 87, 192 (1931).

- PEIPER, A. Unreife und Lebensschwäche.
Verlag Georg Thieme, Leipzig 1937.
- v. PFAUNDLER, M., A. SCHLOSSMANN
Handbuch der Kinderheilkunde.
Verlag F. C. Vogel, Berlin, 2. Aufl. 1910, Bd. I.
- v. PFAUNDLER, M. Handbuch der Kinderheilkunde, Ergänzungswerk.
Verlag Springer, Berlin, 4. Aufl., 1942, Bd. I.
- ROMINGER, E. Stoffwechsel und Ernährung des frühgeborenen
Kindes.
Mschr. Kinderhk. 101, 138 (1953).
- Lehrbuch der Kinderheilkunde 1950.
- SALGE, B. Einführung in die moderne Kinderheilkunde.
Verlag Springer, Berlin, 1909.
- SAMELSON, S. Beitrag zur Physiologie der Ernährung frühgebo-
rener Kinder.
Zschr. Kinderhk. 2, 18 (1911).
- Über den Energiebedarf des Säuglings in den ersten
Lebensmonaten.
Habilitationsschrift Straßburg 1913.
- SCHADOW, H. Betriebsstoffwechsel und Kalorienbedarf frühgebo-
rener Säuglinge.
Jb. Kinderhk. 136, 1 (1932).
- SCHAPER, G. Die Ernährung frühgeborener Kinder mit Alete-
Frühnahrung.
Medizinische 1954, 780.
- SCHLOSSMANN, A., A. ECKSTEIN
Kinderernährung.
Neue deutsche Klinik, Urban und Schwarzenberg,
Berlin, Wien 1930, Bd. 5, S. 423.

- SCHOEDEL, J. Trinkmenge und Trinkfolge gut gedeihender
Schwachgeburten bei Ernährung mit Mutter- oder
Ammenmilch.
Jb. Kinderhk. 102, 227 (1923).
- SCHWARTZER, A. Zur Frage der Frühgeborenenernährung.
Arch. Kinderhk. 119, 65 (1940).
- SEUFERT, R. Zur Frage des Energiequotienten bei Frühgeburten.
Inauguraldissertation Frankfurt/Main 1938.
- SYNDERMAN, S., E. HOLT jr.
The effect of high caloric feeding on the growth of
premature infants.
J. Pediatr. (S. Louis) 58, 237 (1961).
- STAHL, E. Untersuchungen zur Frage der optimalen Ernäh-
rung der Frühgeburten.
Inaug.-Diss., Heidelberg 1950.
- STEVENSON, S., P. WIRTH, R. BASTIANI, T. DANOWSKI
Some effects of exogenous thyreoid or thyroxin
upon premature infants.
Pediatrics 12, 263 (1953).
- STRANSKY, E. Zur Aufzucht der frühgeborenen Kinder.
Wien. med. Wschr. 38 Nr.43, 1157 (1925).
- TAYLOR, S., L. WALKER
Premature infants death. A ten year study of
causes and prevention.
Obstetr. Gynec. Guide, Wash. 13, 555 (1959).
- TANZ, J., H. UNGER
Beitrag zur Frage des Nahrungsbedarfes der Früh-
geburten.
Zschr. Kinderhk. 59, 135 (1938).

- TOBLER, W. Über die Ernährung der Frühgeburten.
 Annales Nestle 3, 1953.
- WIEDEMANN, H. Aufgaben und Fragen der Pädiatrie heute.
 Med. Welt 1963, 79
- YLPPOE, A. in Pfaundler-Schlossmann Handbuch d. Khk.
 Verlag F. C. Vogel, Berlin, 4. Aufl., 1931,
 Bd. I, S. 610.

Titelabkürzungen

der Zeitschriften nach Periodica Medica
 Verlag Georg Thieme, Stuttgart 1952.

Herrn Professor Dr. med. Egon Werner, apl. Professor und Oberarzt an der Universitäts-Kinderklinik Berlin im Kaiserin Auguste Victoria Haus, der mich in freundschaftlicher Art bei der Anfertigung der Arbeit angeleitet hat, danke ich für die Ratschläge, durch die er mich immer wieder gefördert hat, sowie für die Hinweise und Verbesserungen beim Abfassen der Arbeit.

Herrn Professor Dr. med. et phil. Karl Freudenberg, Professor für medizinische Statistik an der Freien Universität Berlin, danke ich für die Anleitung und Unterstützung bei statistischen Sachfragen.

Lebenslauf

Am 30. Dezember 1938 wurde ich als zweiter Sohn des Dr. med. Wolfgang Thierfelder und seiner Ehefrau Althee in Plauen/Vogtland geboren. Zur Schule kam ich 1945 in Jößnitz/Vogtland. 1953 wurde ich auf die Rückert-Oberschule in Plauen aufgenommen, wo ich 1957 das Abitur bestand. 1958 konnte ich durch eine Ergänzungsprüfung die Anerkennung meines Abiturzeugnisses in Würzburg erwerben. Danach begann ich im Frühjahr 1958 das Medizinstudium in Würzburg. Dort bestand ich im Oktober 1960 das Physikum. Nach einem klinischen Semester in Würzburg studierte ich die weiteren fünf Semester in Berlin an der Freien Universität, wo ich im Februar 1964 das Staatsexamen erfolgreich beendete.

